

電子回路基板のドリル・ルータ加工入門 (第7回)

ユニオンツール株式会社
津坂 英夫

9. ルータ加工の基礎

9.1 ルータ加工とは

(A) ルータ加工は平面の被加工物を外周部に切れ刃を有するルータエンドミル（以後ルータと呼ぶ）という回転切削工具でX/Yの横軸方向に移動させることで外形加工をすることであるが、プリント基板の製造工程の中では主に、

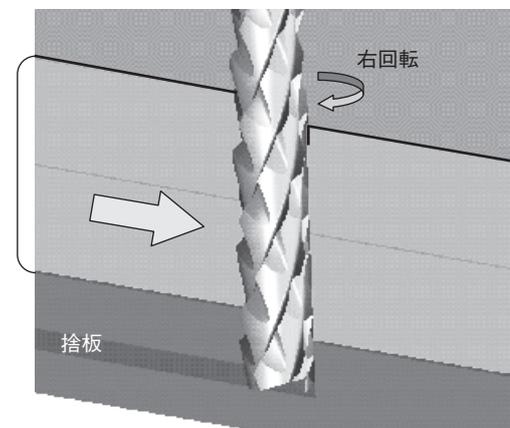
- ① 多層基板の積層プレス後の不要の部分除去する外形（トリミング）加工、
- ② 一枚の大きな基板から、多面取りのため同時に製造された複数の回路基板の輪郭を切り離す外形加工
- ③ 基板の回路上にスリット（または長穴）を加工
- ④ 基板の回路上に座繰り加工やドリルでは困難な形状の加工する場合などがある。

ルータ加工の代わりに、ダイヤモンド砥石を使ったスライサを使い直線的に切る方法や金型を使いプレスなどで打ち抜く方法もある。スライサでは直線しか加工ができず、プレスによる打ち抜きは量産性には優れているが、金型を作る時間と初期費用がかかるなど柔軟性にかけるため、現在はほとんどルータ工具を使った切削加工によって行われている。

ルータ加工は、切り取る形状を所定の寸法精度で仕上げるとともに、端面のバリの発生の抑制、切断面の仕上がり（粗さや切りくず残り）が良好であることも求められる。場合によっては、端子を持つ部分の加工には一層のバリの発生の抑制が求められる。

9.2 ルータ工具の種類

ルータ加工にもっともよく用いられる切削工具は、図9-2に示すダイヤモンドルータである。電子回路基板はガラス繊維、銅箔、熱硬化性樹脂からなる複合材料であり、延性に富む銅箔から、熱の影響を受けやすい樹脂などの被削性の異なる材料を同時に加工ができることが必要である。そのために、やすりのように個々の切りくずを粉々に細くなるような切れ刃を外周上を持つダイヤモンドルータがよく用いられるようになった。切りくずを粉状に細かくして、切りくずを溝から飛ばすように排出することによって、溝に切りくずが溜まらず、後工程の手間が省けるからである。チップブレイカと呼ばれる副溝を持たない図9-3の中にあるエンドミルタイプの形状では切りくずが大きくなりかたまりやすく、加工した後の溝に排出されずに溜まるが多くなる。一方では、こうしたエンドミル形状で切削した仕上げ面は、やすりのような切れ刃で削った面と比べてきれいな仕上げ面となりバリも少なくすることがで



外周部全体に切れ刃をもつ
ビットは上下+横の動き
基板を切り抜くなど様々な加工

図9-1 ルータ加工

きる。従って、基板上の接続端子の部分を切削するときのようにバリの発生を極力抑えなければならない場合や切削量が少ない仕上げ加工などには、このような良く切れる切削的な工具が使われる。

また、同じダイヤモンドでも基板を押さえて加工するための左ねじれ、逆に基板を持ち上げる方向に力が働く（＝切りくずを排出しやすい方向になる）、右ねじれのルータと分けることができる。さらに、副溝の数が1溝ないし2溝と少なくかつねじれ溝が軸直角に近い方向に入れているチップブレイカタイプがある。このチップブレイカタイプは、ダイヤモンドとエンドミルタイプの間を狙ったものですが、ブレイカのために入れる副溝の深さと幅を帰ることによって、特性がダイヤモンド寄りになったりエンドミルタイプに近いものになったりする。一般的にすくい角は、エンドミルタイプでは、ポジティブ（プラスのすくい角）で鋭利であるため切れ味重視で食い込み気味になりやすいこともあるが、ダイヤモンドになるとネガティブ側になり、よりやすりに近く食い込み気味にはなりにくい。この使い分けは、基板の剛性や削り量などで適正をみて選択していく。

そのほかに特殊な用途に使われるルータエンドミルとして、基板上に凹みを加工する座ぐり用のルータ（図9-4）、基板上にV溝を加工するためのV溝加工ルータ（図9-5）、テフロンやフレキシブル基板などのようにシャープな切れ味と切りくずポケットが必要な加工には一枚刃のルータ（図9-6）が使われる。

9.3 ルータの形状と名称

ダイヤモンドルータを例に各形状を説明する。ドリルと同様に把持し回転力を伝えるシャンク部と主切れ刃部、先端部とに分かれる。シャンク径と全長はPCBドリルと同じでそれぞれ3.175mm（1/8インチ）と38.1mm（1.5インチ）のインチ寸法が用いられている。主切れ刃部は切れ刃を形成する主溝とそれとねじれ角を反対にした副溝が主切れ刃に交差することによってチップを細かく分断するために形成され、短い切れ刃長（チゼル長）になっている。切れ刃長は副溝の深さと幅でコントロールできる。切れ刃長は短すぎても摩耗が早くなり寿命が短くなったりし、壁面粗さが低下するなどになりかねない。有効刃長は溝長に対して、実際の有効に加工に使える切れ刃長さを指しているが、重ね枚数や要求精度によって使い分けが必要で、有効刃長を長くすることは、ルータの曲がりが大きく、加工精度に影響する。

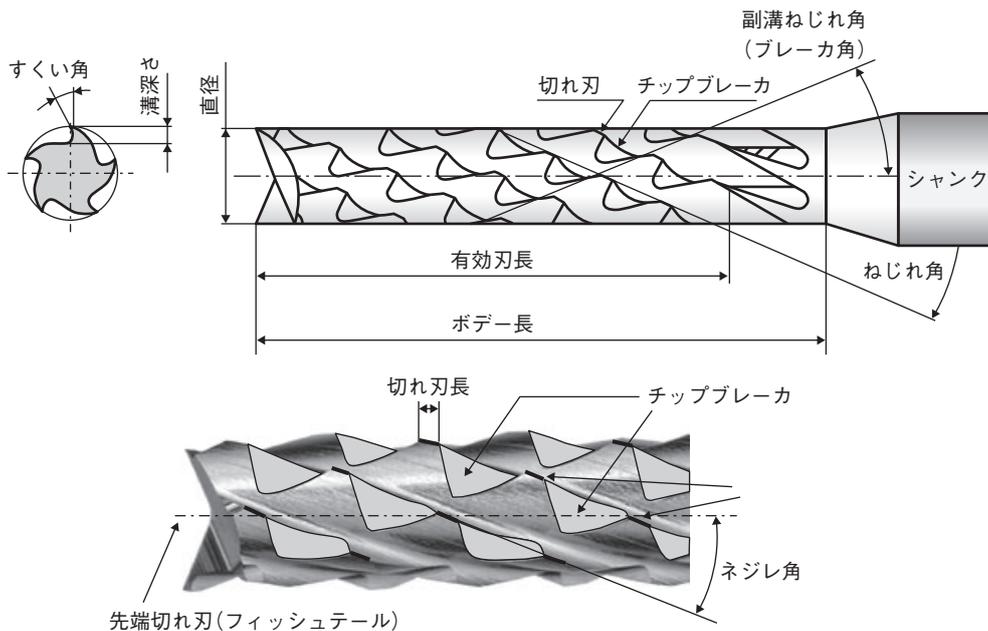


図9-2 ルータ（ルータエンドミル）の形状と名称

	ダイヤ目	チップブレーカ	スリット
up draft	 ダイヤ目 (右ねじれ)	 チップブレーカ	 エンドミルタイプ
down draft	 ダイヤ目 (左ねじれ)		 エンドミルタイプ (左ねじれ)

図 9-3 主なルータの種類と形状

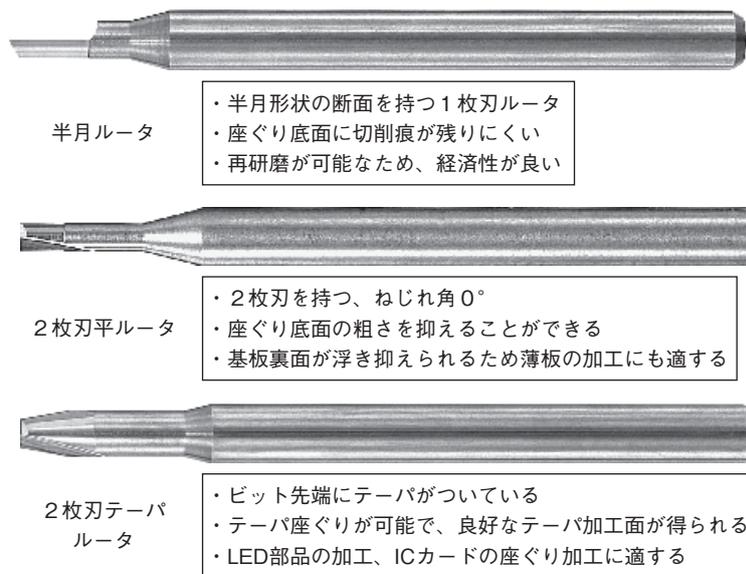


図 9-4 特殊用途ルータの種類と形状 (座ぐり加工用)

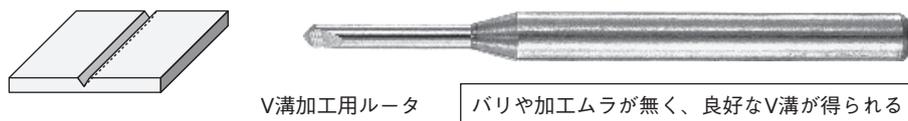


図 9-5 特殊用途ルータの種類と形状 (V溝加工用)



一枚刃ルーター

- ・右ねじれの1枚刃ルーター
- ・切れ味、溝体積が大きいため、延性のテフロン基板やフレキシブル材料の加工に適する

図 9-6 特殊用途ルーターの種類と形状（フレキシブル基板加工用一枚刃）

フィッシュテール (FT)



ドリルポイント (DP)

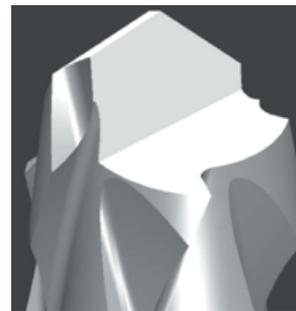


図 9-7 ルーターの先端形状と名称

ルーターは加工開始時にZ軸方向に送り基板を穴明けするために先端切れ刃は、図9-6のようにフィッシュテール（魚の尾に似せた）またはドリルポイントの形状になっている。ドリルポイントは穴明けする方向に尖っており求心性はよいが、長いアプローチ長分深めに穴明けが必要で、エンドミル部の切れ刃長も長くしなければならないのでコスト面で不利である。また、ドリルポイントは横移動のために捨て板側にあらかじめ加工軌跡と同じ溝を加工しておく予備加工溝を深めにしなければならない。その点フィッシュテールはアプローチ長も短く、先端部の加工も簡単で、このため、フィッシュテールが一般的によく使われる。このほかに、先端部に切れ刃を持たないセーフエンド（ノーポイントともいわれる）タイプがあるが、穴明けができないので突っ込みからの横送り加工ができないので、常に端面外側から加工を開始する場合に限られている。このため、あまり使われていない。

9.4 ルーター形状と切りくず排出性

切りくずは、粉状に細かく分断されたものがバキュームで吸い込みやすく、溝に切りくずが残らず、後処理が楽である。一つ一つの切れ刃長が長いほど切りくずが細かい形状になり、詰まりやすい傾向である。図9-8のように右ねじれは回転によって溝にある切りくずを基板から上に持ち上げる力が働くために切りくずの排出性が良く、反対に左ねじれは溝にある切りくずを基板から下方に押しやる力が働き切りくずが溜まりやすい。溝深さを深くすれば切りくずの排出性のポケットは大きくなり排出性がよくなるが心厚が薄くなることになり具剛性が低下し、加工中の曲がりによる加工精度の低下や工具折損などを引き起こしやすくなる。切りくず排出性の低下は切れ刃の摩耗とも関係があり、加工した溝の切りくず詰まりで工具寿命の判定（工具の交換時間）の要因にもなっている。加工が進み刃先が摩耗してくると切りくず固まりやすくなって加工しても切りくずが溝に残ってしまい詰まりを起こす。バリ、振動しやすいか、切りくず排出が必要かなどによって左ねじれか、右ねじれか選択する。

9.5 ルーター用工具材料

ルーター用工具材料も基本的には、被加工材料が同じなのでPCBドリルと同じ考え方の耐摩耗性と抗折強度の高い超微粒径の超硬合金が使われる。ドリル加工と違うのは、径がドリルほど小さくならないのと、ドリルのような

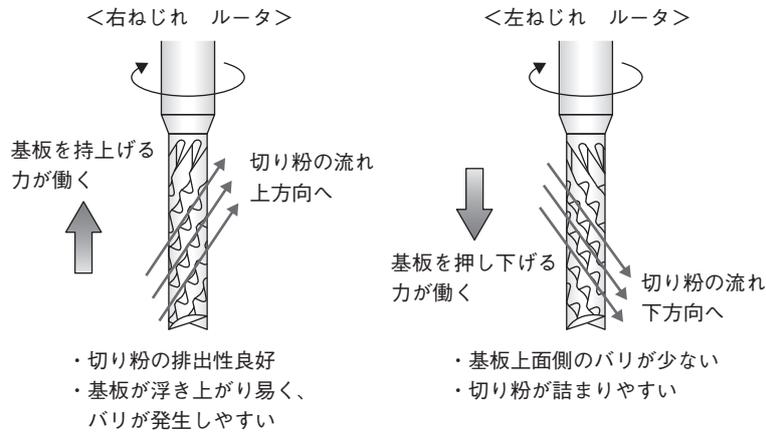


図 9-8 ルータ主溝のねじれ角違いと切削作用



図 9-9 電子回路基板外形加工機（碌々産業）

連続加工（切れ刃が絶えず切削している）のに比べ少なくとも切れ刃が切削していない時間が半分以上ある。冷却時間がある断続加工で、横送りするために曲げの力が大きくかかるというところである。従って、硬い材料であっても熱的に弱い Co を多く含む超合金であっても、意外と摩耗しない場合がある。超合金の上に、コーティングを施した材料も頻繁に使われている。炭素系コーティングの CVD ダイアコートや DLC コートが効果的であり、最近よく使われるようになってきている。

9.6 電子回路基板外形（ルータ）加工機

電子回路基板外形加工機（図 9-9、以後ルータ加工機）は、基本的に穴あけ機とは、X、Y、Z 軸の基本的な構造で違いはない。各軸の位置決め送り速度が穴あけ機ほど高速である必要はないが、X、Y 軸は外形加工するために直角や R 補間など形状精度のための送り制御ソフト、サーボ系、テーブル剛性、スピンドル剛性などで大きく異なる。穴あけ機では、高精度、超高速で位置決めが必要なために最近のものはリニアガイド、モータが使われることが多いが、ルータ加工機ではそこまで必要がないためほとんどの機械はボールねじと LM ガイドが使われている。直角や R 補間など形状精度のための送り制御ソフト、サーボ系は、一般的な CNC 装置で標準的に装備されている。

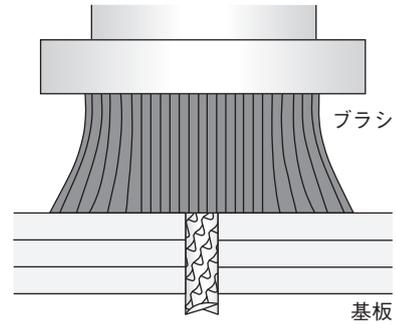
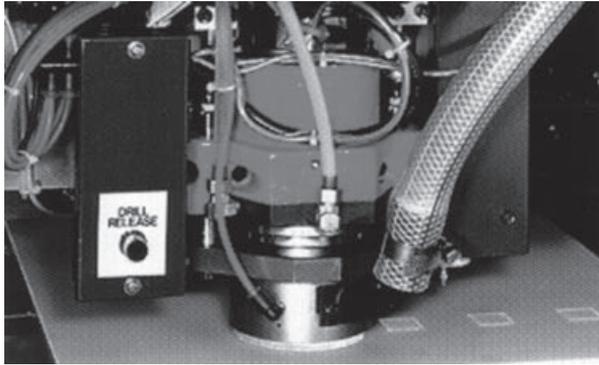


図 9-10 電子回路外形加工機のプレッシャーフット部分

ルータ加工では工具を横送りにするため、基板を抑えるためのプレッシャーフットは穴あけ機とは異なりスライドできるブラシ使ったものが主流になっている（図9-10）。ブラシは空気が流れる構造体であるが、バキュームの効率を上げるためには空気の流れを作る必要があり、予備加工でプログラムされた軌跡をルータ工具で溝加工を深めにしておく。

スピンドルは、ルータ径の中心が1mm ぐらいであるため、必要回転数が毎分10万回転以下となり、また横方向の軸剛性が必要なためボールベアリングを使ったスピンドルの方が多い。より高速の回転数が必要な場合エア軸受けを使ったスピンドルが使われることもある。モータも外付けのベルト駆動のものは姿を消して、ほとんどが高周波モータがスピンドルに内蔵されたものとなっている。

参考文献

- 1) ユニオンツール(株)カタログより
- 2) 碌々産業(株)カタログより